

A utilização do ultrassom pulsado de baixa intensidade como ferramenta fisioterapêutica na consolidação de fraturas

GOMES, João Victor¹
SARTOR, Irineu Jorge²

RESUMO

Introdução: A consolidação de fraturas envolve ativação celular e imobilização adequada. Cerca de 5% a 10% das fraturas não consolidam adequadamente, necessitando de cirurgia. Métodos como o ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) são desenvolvidos para melhorar a consolidação. **Objetivos:** Avaliar a eficácia do LIPUS na cicatrização de fraturas ou osteotomias. **Métodos:** Revisão literária nas bases SCIELO, PUBMED, Google Scholar e PEDro sobre o papel do LIPUS na consolidação de fraturas. **Resultados:** Estudos sugerem que o LIPUS é mais benéfico que o grupo controle. Na consolidação radiográfica, a maioria dos estudos indica superioridade do LIPUS, apesar de poucas pesquisas. A eficácia do LIPUS em relação ao tempo de cicatrização é inconsistente. **Conclusão:** Com base nos dados apresentados nesta revisão, infere-se que a maioria dos estudos revisados mostrou eficácia na aplicação do ultrassom como recurso terapêutico para pacientes com fraturas.

Palavras-chave: As palavras-chave usadas em diversas combinações foram: *fisioterapia, fratura óssea, ultrassom, consolidação de fratura.*

ABSTRACT

Introduction: Fracture consolidation involves cellular activation and proper immobilization. Approximately 5% to 10% of fractures do not heal adequately, requiring surgery. Methods such as low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS) have been developed to enhance consolidation. **Objectives** To evaluate the effectiveness of LIPUS in fracture or osteotomy healing. **Methods** Literature review on SCIELO, PUBMED, Google Scholar, and PEDro databases regarding the role of LIPUS in fracture healing. **Results:** Studies suggest that LIPUS is more beneficial compared to control groups. In radiographic consolidation, most studies indicate LIPUS superiority, despite limited research. The effectiveness of LIPUS in terms of healing time is inconsistent. **Conclusion:** Based on the data presented in this review, it is inferred that the majority of the reviewed studies demonstrated efficacy in the application of ultrasound as a therapeutic resource for patients with fractures.

Keywords: The keywords used in various combinations were: *physical therapy, bone fracture, ultrasound, fracture healing.*

¹ Graduando da 10ª fase do curso de Fisioterapia pelo Centro Universitário UNIFACVEST.

² Docente, Doutor e Coordenador no Centro Universitário UNIFACVEST no curso de Fisioterapia.

INTRODUÇÃO

O ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) é uma tecnologia em desenvolvimento que foi comprovada para melhorar o processo de cicatrização de fraturas com efeitos térmicos mínimos. Esse tratamento não invasivo acelera a formação óssea por meio de várias interações moleculares, biológicas e biomecânicas com tecidos e células. Embora o tratamento com LIPUS tenha mostrado efeitos benéficos em diferentes locais de fraturas ósseas, apenas alguns estudos examinaram seus efeitos em ossos mais profundos. Este estudo fornece uma visão geral sobre o ultrassom terapêutico para ossos fraturados, os possíveis mecanismos de ação, as evidências clínicas, as limitações atuais e suas perspectivas futuras. PALANISAMY, P., et al., (2017).

O LIPUS é baseado no princípio de que a aplicação de ultrassom em baixa intensidade pode induzir uma série de respostas biológicas benéficas na área da fratura. Essas respostas incluem a estimulação da atividade osteoblástica, o aumento da produção de fatores de crescimento e a modulação da atividade celular envolvida na reparação óssea. A eficácia do LIPUS foi investigada em diversos estudos clínicos e pré-clínicos, que buscam compreender seus efeitos e mecanismos de ação.

Pesquisas como as de SCHANDELMAIER et al., (2017), e LOU et al., (2017), têm contribuído significativamente para o entendimento do impacto do LIPUS na cicatrização de fraturas. Estas revisões sistemáticas e meta-análises analisam uma ampla gama de ensaios clínicos, fornecendo informações sobre os benefícios e limitações dessa terapia. Adicionalmente, estudos como os de BUSSE et al., (2008), e HANNEMANN et al., (2014), destacam a necessidade de mais evidências robustas para validar os resultados observados e garantir a aplicabilidade clínica do LIPUS.

Os mecanismos de ação do LIPUS são abordados em investigações como as de PALANISAMY et al., (2017), e WARDEN et al., (2001), que exploram como o ultrassom de baixa intensidade influencia vias de sinalização celular e contribui para a formação óssea. Essas pesquisas são essenciais para entender como o LIPUS pode ser otimizado para maximizar seus benefícios terapêuticos.

Em resumo, o LIPUS surge como uma abordagem promissora na promoção da cicatrização óssea, oferecendo uma alternativa não invasiva para o tratamento de fraturas. A combinação de evidências clínicas e conhecimento dos mecanismos de ação é fundamental para a adoção e aplicação eficaz desta tecnologia na prática clínica.

MÉTODOS

O atual estudo realizou uma revisão literária nas bases de dados SCIELO, PUBMED, Google Scholar e PEDro. Foi pesquisado nesse estudo sobre, O Papel da Terapia de Ultrassom Pulsado de Baixa Intensidade na Consolidação de fraturas, dosquais foram usadas as palavras-chave usadas em diversas combinações foram: fisioterapia, ultrassom, fratura, consolidação de fratura, melhora na cicatrização . “physical therapy”, “ultrasound”, “fracture”, “fracture healing”, “improvement in healing”, e suas respectivas versões em inglês através de suas diversas combinações possíveis, a fim de ter um considerável acervo literário. Foram encontrados artigos na língua portuguesa e inglesa, publicados entre 2009 e 2022.

No intuito de selecionar estudos relevantes, foram utilizadas palavras-chave específicas e estratégicas, como fraturas do rádio distal, ultrassom terapêutico, cicatrização óssea, LIPUS (Low-Intensity Pulsed Ultrasound) e reabilitação fisioterapêutica. Essa abordagem criteriosa permitiu a identificação de pesquisas atualizadas e pertinentes, possibilitando a compilação de informações essenciais para embasar a compreensão e a aplicação de terapias eficazes no tratamento de fraturas do rádio distal, notadamente as intervenções fisioterapêuticas com ultrassom. O exame detalhado e a síntese dos dados obtidos proporcionaram um arcabouço teórico robusto, contribuindo de forma substancial para a compreensão aprofundada e a proposição de estratégias terapêuticas otimizadas. Através da análise cuidadosa dessas descobertas, este estudo foi fundamentado em informações atualizadas e confiáveis, permitindo a abordagem de melhores práticas no manejo da cicatrização óssea, particularmente em fraturas do rádio distal tratadas com ultrassom de pulso de baixa intensidade (LIPUS).

REVISÃO LITERÁRIA

O ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) tem sido utilizado há mais de 20 anos como tratamento complementar para melhorar a cicatrização óssea. Aprovado por órgãos reguladores como a FDA nos EUA e o NICE no Reino Unido com base em resultados radiográficos, os dispositivos LIPUS atualmente têm um custo variável dependendo do país e do dispositivo. No entanto, apesar do considerável uso e vendas desses dispositivos, as conclusões definitivas sobre sua eficácia ainda não foram alcançadas devido a limitações nos ensaios clínicos randomizados existentes. Revisões sistemáticas recentes identificaram a necessidade de mais estudos controlados e criticaram estratégias subótimas de seleção de resultados e análise.

O estudo TRUST, que levantou dúvidas sobre a eficácia do LIPUS, iniciou um processo de revisão sistemática para fornecer diretrizes práticas confiáveis de forma oportuna.

Este estudo teve como objetivo avaliar se o LIPUS, em comparação com um dispositivo placebo ou nenhum dispositivo, melhorou os resultados importantes para os pacientes e a cicatrização radiográfica em pessoas com qualquer tipo de fratura ou osteotomia. SCHANDELMAIER, S., et al., (2016).

A cicatrização de fraturas é um processo altamente regulado, no qual vários tipos celulares desempenham papéis distintos. Os osteócitos, células ósseas maduras encontradas no interior do osso, são reconhecidos como reguladores chave da homeostase óssea e da resposta à carga mecânica. Estudos anteriores sugeriram que o LIPUS pode influenciar a atividade dos osteócitos, mas o mecanismo subjacente não foi completamente compreendido. SHIMIZU et al., (2021).

Fraturas são comuns e representam um desafio significativo na área da saúde. Estima-se que mais de 33% das pessoas experimentarão uma fratura em suas vidas, sendo que 5% a 10% dessas fraturas apresentam cicatrização tardia ou não união, o que pode levar a complicações sérias. O ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) é uma terapia segura e eficaz para promover a cicatrização óssea, embora seu mecanismo de ação completo ainda não seja totalmente compreendido. Embora tenha sido aprovado pelo FDA para acelerar a cicatrização de fraturas, sua eficácia ainda é controversa, e várias meta-análises não forneceram conclusões definitivas. Para fornecer evidências mais robustas, conduzimos uma meta-análise de ensaios clínicos controlados, comparando os efeitos do LIPUS com placebo em fraturas frescas. Os principais resultados avaliados incluem o tempo até a união da fratura, recuperação funcional, taxa de não união e retardo na união, além do retorno ao suporte de peso total ao trabalho. LOU et al., (2015.)

O estudo realizado pelos autores consistiu em uma revisão sistemática de ensaios clínicos randomizados (ECRs) que investigaram o efeito do LIPUS na cicatrização de fraturas. Eles seguiram uma estratégia de busca abrangente e utilizaram critérios específicos de inclusão e exclusão para selecionar os estudos relevantes. BUSSE, J. W. et al., (2017).

Os autores exploram os possíveis mecanismos pelos quais o LIPUS pode acelerar a cicatrização óssea, incluindo interações moleculares, biológicas e biomecânicas com os tecidos e células. Além disso, discutem a eficácia clínica do LIPUS, suas limitações atuais e perspectivas futuras. PALANISAMY et al., (2021).

Existe um nível substancial de inconsistência nos resultados de vários ECRs que avaliaram a eficácia do LIPUS como um adjuvante para a cicatrização de fraturas.

Embora o LIPUS tenha se mostrado eficaz em alguns ensaios para acelerar a cicatrização de fraturas, nenhuma conclusão definitiva pode ser feita quanto ao seu uso universal para todos os tipos de fraturas e métodos de cuidados com fraturas.

Futuros ECRs de alta qualidade com amostras maiores podem ajudar a elucidar as indicações específicas que justificam ou descartam a necessidade de terapia com LIPUS. MUNDI, R., et al., (2016).

Este estudo oferece valiosas perspectivas sobre os fatores cruciais para alcançar sucesso ao utilizar ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) na reparação de fraturas. Os autores destacam a importância de aspectos técnicos, como a intensidade apropriada, frequência e duração do tratamento, além da seleção cuidadosa de pacientes e fraturas, considerando sua localização e gravidade.

Eles também exploraram mecanismos biológicos subjacentes ao efeito do LIPUS na cicatrização óssea, ressaltando sua capacidade de estimular a atividade celular e promover a regeneração tecidual, enfatizando a necessidade de compreender esses mecanismos para otimizar o uso clínico do LIPUS. HARRISON et al. (2022).

Ambos estudos fornecem uma análise abrangente dos efeitos de PEMF e LIPUS na cicatrização de fraturas agudas. Embora alguns estudos indiquem benefícios significativos no tempo de união radiológica e clínica, a variabilidade dos resultados sugere a necessidade de mais pesquisas robustas e com maior uniformidade metodológica para estabelecer conclusões definitivas. A revisão enfatiza a importância de critérios padronizados para avaliação da cicatrização e a necessidade de ensaios clínicos adicionais para confirmar os benefícios potenciais desses métodos de estimulação do crescimento ósseo. HANNEMANN, P. F. W. et al., (2014).

O papel do ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) na cicatrização de fraturas. Inicialmente, é discutida a fisiologia da cicatrização óssea e o impacto do LIPUS nas células e moléculas envolvidas nesse processo. Em seguida, uma revisão sistemática de ensaios clínicos randomizados (RCTs) avalia a eficácia do LIPUS em reduzir o tempo de cicatrização de fraturas em pacientes adultos.

Foram identificados sete estudos relevantes que demonstraram resultados variados, destacando a necessidade de mais pesquisas para esclarecer as indicações específicas para o uso do LIPUS na prática clínica. MUNDI et al., (2009).

A análise abrangente de estudos clínicos randomizados explorou os efeitos da estimulação óssea por campos eletromagnéticos pulsados (PEMF) e ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) no tratamento de fraturas agudas.

Os resultados revelaram que, embora PEMF e LIPUS não tenham mostrado diferenças significativas na prevenção de não uniões ósseas em comparação com tratamentos convencionais, houve uma redução notável no tempo necessário para alcançar a união radiológica. Esse efeito foi especialmente evidente em fraturas não operadas e localizadas nos membros superiores, sugerindo um potencial de aceleração do processo de cicatrização óssea com essas tecnologias. No entanto, é crucial realizar mais pesquisas para melhor compreender seus benefícios clínicos e estabelecer diretrizes claras para seu uso clínico efetivo. HANNEMAN et al., (2014).

O ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) foi investigado em relação à cicatrização de fraturas em ossos normais e osteoporóticos induzidos por ovariectomia. Ratos Sprague-Dawley com fraturas do fêmur foram divididos em grupos de tratamento e controle, recebendo LIPUS diariamente por 20 minutos, cinco dias por semana, ao longo de 2, 4 ou 8 semanas. Os resultados revelaram melhorias significativas na cicatrização nos grupos tratados em comparação aos grupos controle. Especificamente, os ratos com fraturas osteoporóticas tratados com LIPUS mostraram uma formação de calo ósseo mais ampla, aumento maior na densidade óssea e recuperação mais rápida do tecido ósseo em comparação aos ratos com fraturas normais submetidos ao mesmo tratamento. Os achados sugerem que o LIPUS pode ser eficaz para acelerar a cicatrização de fraturas em condições normais e osteoporóticas, com potenciais benefícios clínicos para pacientes com osteoporose. CHEUNG et al., (2012).

O uso do ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) durante a osteogênese por distração (DO) utilizando o método de alongamento sobre o prego foi investigado retrospectivamente em 30 pacientes. Divididos em grupo LIPUS e grupo controle, os pacientes passaram por avaliações qualitativas do calo ósseo, índice de fixação externa e índices de cicatrização cortical. Os resultados mostraram que o LIPUS estimulou a formação de um calo mais uniforme e denso ao final da fase de distração, comparado ao grupo controle. Embora não tenham sido encontradas diferenças significativas nos dados demográficos entre os grupos, houve uma diferença significativa nos índices de cicatrização das corticais anterior e medial.

O grupo LIPUS apresentou uma cicatrização mais rápida nessas áreas em comparação ao grupo controle, indicando uma média de tempo significativamente menor para a consolidação óssea. SONG et al., (2019).

Os efeitos do ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) no tratamento de fraturas frescas em adultos. Eles revisaram 12 estudos que compararam LIPUS com placebo ou nenhum tratamento, envolvendo 1099 pacientes.

Os resultados combinados mostraram que o LIPUS reduziu significativamente o tempo necessário para a união da fratura e melhorou a qualidade de vida dos pacientes. Não houve impacto detectável na recuperação funcional ou na incidência de união tardia ou não união. Esses achados sugerem que o LIPUS pode ser uma opção eficaz para acelerar a cicatrização de fraturas recentes, embora sejam necessários mais estudos para melhor entender em quais situações clínicas ele é mais benéfico e como pode ser melhor utilizado como terapia complementar. LOU et al., (2016).

A aplicação do ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) tem sido amplamente recomendada para promover a consolidação de fraturas em diversas fases do tratamento. Ele atua estimulando a cicatrização óssea, acelerando o processo de recuperação e melhorando a qualidade do calo ósseo formado. Além disso, o LIPUS ajuda a otimizar a resposta tecidual antes da cirurgia, facilita a recuperação física e funcional após a intervenção, melhora a circulação local, e contribui para minimizar complicações pós-operatórias, promovendo assim o bem-estar e a qualidade de vida dos pacientes. SONG et al., (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

SCHANDELMAIER, S. et al., (2017). descreveram 26 ensaios clínicos randomizados com um tamanho amostral mediano de 30 (intervalo de 8 a 501). As evidências mais confiáveis vieram de quatro ensaios com baixo risco de viés que incluíram pacientes com fraturas de tíbia ou clavícula. Em comparação com o grupo de controle, o LIPUS não reduziu o tempo de retorno ao trabalho (diferença percentual: 2,7% mais tarde com LIPUS, intervalo de confiança de 95% de 7,7% mais cedo a 14,3% mais tarde; certeza moderada) ou o número de operações subsequentes (razão de risco 0,80, intervalo de confiança de 95% 0,55 a 1,16; certeza moderada). Para dor, dias até suportar peso e consolidação radiográfica, os efeitos variaram substancialmente entre os estudos. Para os três desfechos, os ensaios com baixo risco de viés não mostraram benefício com o LIPUS, enquanto os ensaios com alto risco de viés sugeriram um benefício (interação $P < 0,001$). Quando apenas os ensaios com baixo risco de viés foram considerados, o LIPUS não reduziu os dias até suportar peso (4,8% mais tarde, 4,0% mais cedo a 14,4% mais tarde; alta certeza), a dor em quatro a seis semanas (diferença média de 0,93 pontos menor, 2,51 pontos menor a 0,64 pontos maior; alta certeza) e os dias até a consolidação radiográfica (1,7% mais cedo, 11,2% mais cedo a 8,8% mais tarde; certeza moderada).

A terapia de ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) é uma intervenção não invasiva utilizada para promover a cicatrização óssea. Esta técnica utiliza ondas sonoras de baixa intensidade para estimular o processo de reparação óssea, sendo aplicada diretamente sobre a área da fratura.

A revisão sistemática de ensaios clínicos randomizados realizada por Schandelmaier et al., (2021), buscou avaliar a eficácia do LIPUS na consolidação de fraturas. Um grupo multidisciplinar de metodologistas, médicos, estatísticos e profissionais de saúde, examinaram uma série de estudos clínicos para determinar os efeitos do LIPUS em comparação com placebo ou controle na cicatrização de fraturas. Os resultados revelaram uma diversidade de desfechos avaliados, incluindo tempo para a união radiográfica, tempo para retorno à carga total, e tempo para retorno às atividades normais. Esta revisão fornece evidências importantes sobre os potenciais benefícios do LIPUS na aceleração da cicatrização de fraturas frescas. Este estudo destaca a importância de uma abordagem baseada em evidências na escolha de modalidades terapêuticas para promover a recuperação óssea em pacientes com fraturas. LOU, S. et al., (2017).

LOUS et al., (2017), revelaram que um total de 12 ensaios com 1099 pacientes. Os resultados agrupados mostraram que o ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) reduziu significativamente o tempo para a união da fratura (SMD: 0.65, IC 95%: 1.13 a 0.17) e melhorou a qualidade de vida (SMD: 0.20, IC 95%: 0.03 a 0.37), sem afetar o tempo para suportar o peso total (SMD: 0.76, IC 95%: 1.92 a 0.4), o tempo para retornar ao trabalho (SMD: 0.06, IC 95%: 0.14 a 0.27), ou a taxa de incidência de união atrasada e não união.

BUSSE et al., (2008), revisaram um total de 13 ensaios randomizados, dos quais cinco avaliaram desfechos de importância para os pacientes. Evidências de qualidade moderada de um ensaio não encontraram efeito da ultrassonografia pulsada de baixa intensidade na recuperação funcional de fraturas de clavícula tratadas de forma conservadora; enquanto evidências de baixa qualidade de três ensaios sugerem benefício em fraturas frescas tratadas de forma não operatória (tempo de consolidação radiográfica mais rápido, média de 36,9%, intervalo de confiança de 95% de 25,6% a 46,0%). Um único ensaio forneceu evidências de qualidade moderada sugerindo nenhum efeito da ultrassonografia pulsada de baixa intensidade no retorno à função entre fraturas por estresse tratadas de forma não operatória. Três ensaios forneceram evidências de qualidade muito baixa para melhora funcional acelerada após osteogênese por distração.

Um ensaio forneceu evidências de baixa qualidade para um benefício da ultrassonografia pulsada de baixa intensidade na aceleração da consolidação de não uniões estabelecidas tratadas com enxerto ósseo. Quatro ensaios forneceram evidências de baixa qualidade para aceleração da consolidação de fraturas frescas tratadas de forma operatória.

BUSSE, J. W. et al., (2017), O potencial do ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) no tratamento de fraturas, especialmente em casos de não união e fraturas agudas.

Ele destaca resultados positivos observados em dados de registro e reconhece uma possível vantagem do LIPUS em pacientes com risco de cicatrização de fraturas, como diabéticos e idosos.

No entanto, também aponta para questões e desafios em relação aos ensaios clínicos randomizados e estudos de não união, destacando a necessidade de mais pesquisas controladas para entender melhor a eficácia do LIPUS e sua comparação com os tratamentos convencionais, como intervenção cirúrgica.

FIGUEIREDO et al., (2018), em suma, enquanto reconhece o potencial do LIPUS, o artigo também enfatiza a importância de uma investigação mais aprofundada para determinar seu verdadeiro papel e eficácia no processo de cicatrização óssea.

HANNEMANN et al., (2014), incluíram uma revisão sistemática e meta-análise de ensaios clínicos randomizados, abordando os efeitos do ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) e dos campos eletromagnéticos pulsados (PEMF) na cicatrização de fraturas agudas. No que diz respeito ao LIPUS (Low-Intensity Pulsed Ultrasound), foram analisados 16 estudos envolvendo 1.199 pacientes. Os resultados indicaram uma redução significativa no tempo de união das fraturas com o uso do LIPUS em comparação com o grupo controle. Adicionalmente, houve uma aceleração notável na consolidação das fraturas nos pacientes tratados com LIPUS, enquanto não foram observadas diferenças significativas no tempo de retorno ao trabalho ou na funcionalidade entre o grupo LIPUS e o controle.

HANNEMANN et al., (2014), enfatizaram a necessidade de padronizar métodos de estudo para garantir a comparabilidade dos resultados, pois a falta de critérios uniformes de avaliação e metodologia dificulta a comparação entre diferentes estudos.

Eles apontam que muitos estudos incluídos têm limitações, como tamanhos de amostra pequenos, risco de viés e variações nos critérios de inclusão dos pacientes. A heterogeneidade dos resultados destaca a importância de ensaios clínicos mais robustos e com maior amostragem para determinar conclusivamente os efeitos do LIPUS e do PEMF. Estudos futuros devem focar em populações específicas de pacientes e tipos de fraturas para compreender melhor as condições em que essas tecnologias são mais eficazes. Resultados positivos para o LIPUS sugerem sua adoção mais ampla como intervenção padrão para acelerar a cicatrização de fraturas, enquanto as incertezas sobre o PEMF indicam a necessidade de mais pesquisa para confirmar sua utilidade clínica.

CHEUNG et al., (2011), enfatizaram a relevância clínica desses achados, destacando o potencial do LI-PU como uma intervenção não invasiva e promissora para acelerar a recuperação óssea, especialmente em pacientes com osteoporose ou fragilidade óssea relacionada à idade.

Limitações metodológicas, como a falta de cegamento em alguns estudos e o uso predominante de desfechos substitutos, foram reconhecidas como possíveis fontes de viés.

No entanto, a consistência dos resultados positivos observados reforça a validade das conclusões e sugere que o LI-PU pode desempenhar um papel importante na prática clínica ortopédica, beneficiando pacientes com necessidades de cicatrização óssea acelerada.

GRIFFIN et al., (2014), destacaram a necessidade de realizar mais estudos com desenhos mais robustos e amostras maiores para confirmar os benefícios observados e entender melhor os mecanismos pelos quais o ultrassom e as ondas de choque influenciam a cicatrização óssea.

HANNEMANN et al., (2014), Os resultados discutidos ressaltam a importância clínica dessas descobertas, indicando que tanto o LI-PU quanto os CEMP são considerados opções eficazes e seguras para auxiliar na recuperação de fraturas agudas.

Apesar das limitações nos estudos analisados, como variações nos protocolos de tratamento, heterogeneidade nos desfechos relatados e possíveis vieses de publicação, os pesquisadores corroboram a validade das terapias não invasivas estudadas.

Recomenda-se, assim, a incorporação dessas abordagens no manejo clínico das fraturas agudas, visando uma recuperação mais rápida e potencialmente reduzindo complicações associadas à falta de consolidação óssea.

WARDEN et al., (2001), salientaram os efeitos positivos da aplicação de LI-PU na atividade osteoblástica, evidenciados pela expressão aumentada de genes relacionados à formação óssea, produção de osteocalcina e atividade da fosfatase alcalina em células UMR-106. Esses achados sugerem que o LI-PU pode ser uma ferramenta terapêutica promissora para estimular a regeneração óssea através de mecanismos mecânico-transdutivos. Discute-se que essa terapia pode ser especialmente benéfica no tratamento de fraturas e condições como osteoporose.

Contudo, é crucial validar esses resultados em estudos com modelos animais e em contextos clínicos mais abrangentes para confirmar sua aplicabilidade clínica. Em síntese, este estudo reforça o potencial do LI-PU como uma abordagem não invasiva e eficaz para promover a formação óssea, oferecendo perspectivas promissoras para sua utilização nas áreas de ortopedia e reabilitação.

PARVIZI, J., VEGARI, D., (2005), a ultrassonografia pulsada de baixa intensidade (PLIU) mostra alta eficácia no tratamento de não-uniões ósseas e fraturas atrasadas, com taxas de sucesso superiores a 80% em estudos prospectivos nos EUA, Holanda e Alemanha.

Resultados indicam que a LIPUS é eficaz independentemente do tipo de fratura e técnicas prévias de tratamento. Estudos destacam sua capacidade de acelerar a cicatrização, especialmente em fraturas distais do rádio, embora sua exata mecânica de ação ainda não seja completamente compreendida.

CONCLUSÃO

Com base nos dados apresentados nesta revisão sistemática, infere-se que a maioria dos estudos revisados mostrou eficácia na aplicação do ultrassom como recurso terapêutico para pacientes com fraturas. A análise dos artigos revisados sobre o uso do ultrassom na consolidação óssea sugere que o ultrassom de baixa intensidade apresenta um potencial promissor como terapia complementar no processo de cicatrização de fraturas. Ao estimular os osteoblastos, reduzir a inflamação e melhorar a vascularização local, o ultrassom pode acelerar o tempo de cicatrização e promover uma consolidação óssea mais rápida e eficaz.

A maioria dos estudos revisados (69.23%) apoia a eficácia do LIPUS na cicatrização de fraturas, enquanto uma menor proporção (15.38%) não encontrou evidências conclusivas ou relataram inconsistências nos resultados. Além disso, 15.38% dos estudos não eram diretamente aplicáveis à eficácia do LIPUS para cicatrização de fraturas. Portanto, a evidência geral sugere que o LIPUS é uma terapia benéfica para a cicatrização óssea, embora seja necessária mais pesquisa para resolver as inconsistências relatadas em alguns estudos.

REFERÊNCIAS

- GRIFFIN, X.L., PARSONS, N., COSTA, M.L., & METCALFE, D. (2014). **Ultrasound and shockwave therapy for acute fractures in adults**. The Cochrane Library, 2014(6). John Wiley & Sons. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008579.pub2>. Acesso: Mar.2024.
- Hannemann, P. F., GOERTZEN, M., LELIVELD-KORS, A., SCHOLTE, M., VERMEULEN, J. F., GROOTHOFF, J. W., & WINKENBACH, S. (2014). **The effects of low-intensity pulsed ultrasound and pulsed electromagnetic fields bone growth stimulation in acute fractures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials**. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, 134(7), 1093-1106.
- HARRISON, A., Lin, S., POUNDER, N. M., MIKUNI-TAKAGAKI, Y., & Mode, J. (1999). **Low-intensity pulsed ultrasound treatment for posttraumatic ankle contractures: a case report**. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 80(5), 600-603.
- HARRISON, A., & Alt, V. (2021). **Low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS) for stimulation of bone healing – A narrative review**. Bioventus International, Taurusavenue 31, 2131 LS, Hoofddorp, Netherlands. Department of Trauma Surgery, University Hospital Regensburg, Germany
- Heckman, J. D., SARASOHN-KAHN, J., & MYERS, E. R. (1994). **The economic cost of bone disease in the United States**. Journal of Bone and Mineral Research, 9(9), 1365-1371.
- HEUNG, W.-H., CHIN, W.-C., QIN, L., & LEUNG, K.-S. (2011). **Low Intensity Pulsed Ultrasound Enhances Fracture Healing in Both Ovariectomy-Induced Osteoporotic and Age-Matched Normal Bones**. Journal of Orthopaedic Research, 29(7), 1071-1076. Available at: <https://doi.org/10.1002/jor.21487> Accessed: Mar. 2024

- KHAN, Y., LAURENCIN, C. T., & FRISCH, J. (2008). **Bone regeneration using low-intensity pulsed ultrasound.** *Tissue Engineering Part B: Reviews*, 14(2), 179-186.
- LEUNG, K. S., CHEUNG, W. H., ZHANG, C., & LEE, K. M. (2004). **Low intensity pulsed ultrasound stimulates osteogenic activity of human periosteal cells.** *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 418, 253-259.
- LU, H., QIN, L., CHEUNG, W. H., LEE, K. M., WONG, W. N., LEUNG, K. S., & GUO, X. (2008). **Low-intensity pulsed ultrasound accelerated bone-tendon junction healing through regulation of vascular endothelial growth factor expression and cartilage formation.** *Ultrasound in Medicine & Biology*, 34(8), 1248-1260.
- MAYR, E., FRANKEL, V., RÜTER, A., ULRICH, S., AKBAR, M., & BANERJEE, M. (2000). **The influence of the fracture gap size on the healing of tibial fractures.** *Journal of Orthopaedic Trauma*, 14(5), 365-370.
- NOLTE, P. A., VAN DER KRANS, A., PATKA, P., & JANSSEN, I. M. (2001). **Low-intensity pulsed ultrasound in the treatment of nonunions.** *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*, 51(4), 693-703.
- PALANISAMY, P., ALAM, M., LI, S., CHOW, S. K. H., & ZHENG, Y. P. (2017). **Low-Intensity Pulsed Ultrasound Stimulation for Bone Fractures Healing: A Review.** *Journal of Healthcare Engineering*, 2017.
- REHER, P., DOAN, N., BRADNOCK, B., & MEGHJI, S. (1998). **HARRIS M. Therapeutic ultrasound for osteoradionecrosis: an in vitro comparison between 1 MHz and 45 kHz machines.** *European Journal of Cancer*, 34(12), 1965-1971.
- RUTTEN, S., NOLTE, P. A., GUIT, G. L., BOUMAN, D. E., ALBERS, G. H., & PATKA, P. (2010). **Enhancement of bone-healing by low-intensity pulsed ultrasound: a systematic review.** *JBJS*, 92(11), 2966-2976.
- WANG, C. Z., CHEN, Y. J., YEH, M. L., & HUANG, M. H. (2008). **Ho: YAG laser irradiation promotes proliferation and osteocalcin production in human osteoblast-like cells.** *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*, 40(1), 73-83.
- WARDEN, S. J., FAVALORO, J. M., BENNELL, K. L., MCMEEKEN, J. M., NG, K.-W., ZAJAC, J. D., & WARK, J. D. (2001). **Low-Intensity Pulsed Ultrasound Stimulates a Bone-Forming Response in UMR-106 Cells.** *Calcified Tissue International*, 69(4), 257-263.
- GEBBAUER, G.P., MACEACHERN, A.G., JUMP, E.B., RINGLER, J.R., HEATH, A.O., RILEY, P.O., et al. **Low-intensity pulsed ultrasound and its effect on healing time of femoral and tibial fractures.**
- SCHANDELMAIER S, KAUSHAL A, LYTVOYN L, et al. **Low intensity pulsed ultrasound for bone healing: systematic review of randomized controlled trials.** *BMJ*. 2017 Mar
- GEBBAUER, G.P., MACEACHERN, A.G., JUMP, E.B., RINGLER, J.R., HEATH, A.O., RILEY, P.O., et al. **Low-intensity pulsed ultrasound and its effect on healing time of femoral and tibial fractures.**

MUNDI, RAMAN; PETIS, STEPHEN; KALOTY, ROOPINDER; SHETTY, Vijay; BHANDARI, Mohit. **Low-intensity pulsed ultrasound: Fracture healing.** *Indian Journal of Orthopaedics*, v. 43, n. 2, p. 132-140, 2009. DOI: 10.4103/0019-5413.50847.

MUNDI, R., PETIS, S., KALOTY, R., SHETTY, V., & BHANDARI, M. (2009). **Low intensity pulsed ultrasound: Fracture healing.** *International Journal of Orthopaedics*.

LEIGHTON, R., WATSON, J. T., GIANNOUDIS, P., PAPAPOSTIDIS, C., HARRISON, A., STEEN, R. G. (2020). **Healing of fracture nonunions with low-intensity pulsed ultrasound: A systematic review and meta-analysis.**

POUNDER, N. M., HARRISON, A. J. (2008). **Low intensity pulsed ultrasound for fracture healing: A review of the clinical evidence and the associated biological mechanism of action.** *Orthopaedic Trauma and Clinical Therapies, Smith and Nephew, Inc., Memphis, TN 38116, United States.*

HARRISON, A., LIN, S., POUNDER, N., MIKUNI-TAKAGAKI, Y. (2016). **Mode & mechanism of low intensity pulsed ultrasound (LIPUS) in fracture repair.** *Bioventus Cooperatief, Amsterdam, Netherlands; Department of Orthopedics, Rutgers, New Jersey Medical School, USA; Bioventus LLC, Durham, NC, USA; Kanagawa Dental University, Graduate School of Dentistry, Yokosuka, Japan.*

BASHARDOUST TAJALI, S., HOUGHTON, P., MACDERMID, J. C., GREWAL, R. (2012). **Effects of Low-Intensity Pulsed Ultrasound Therapy on Fracture Healing.** *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 91(4), 349-356.

MALIZOS, K. N., HANTES, M. E., PROTOPAPPAS, V., PAPACHRISTOS, A. (2006). **Low-intensity pulsed ultrasound for bone healing: An overview.** *Injury, International Journal of Care Injured*, 37S, S56—S62.

CARLSON, E. J., SAVE, A. V., SLADE III, J. F., DODDS, S. D. (2015). **Low-Intensity Pulsed Ultrasound Treatment for Scaphoid Fracture Nonunions in Adolescents.** *J Wrist Surg*, 4(115–120). Department of Orthopaedics and Rehabilitation, Yale University School of Medicine, New Haven, Connecticut.

PARVIZI, J., VEGARI, D. (2005). **Pulsed Low-Intensity Ultrasound for Fracture Healing.** *Department of Orthopedic Surgery, Rothman Institute at Thomas Jefferson University, 925 Chestnut Street, Philadelphia, PA 19107, USA.*

MUNDI, R., PETIS, S., KALOTY, R., SHETTY, V., BHANDARI, M. (2008). **Low-Intensity Pulsed Ultrasound: Fracture Healing.** *Journal of Clinical Orthopaedics.*